



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000021873 A**(43) Date of publication of application: **21.01.00**(51) Int. Cl. **H01L 21/314**(21) Application number: **10180918**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(22) Date of filing: **26.06.98**(72) Inventor: **TAKEISHI SHUNSAKU**(54) **LAMINATE STRUCTURE, WIRING STRUCTURE
AND THEIR MANUFACTURE, AND
SEMICONDUCTOR DEVICE**

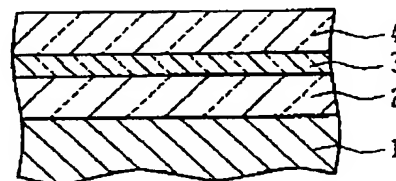
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminate structure wherein the adhesion of a layer contg. an inorg. material as a main component to an org. layer can be enhanced.

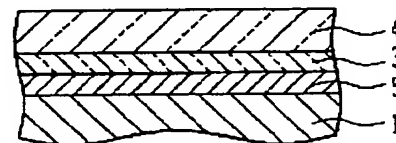
SOLUTION: A first layer is disposed on the main surface of a substrate having the main surface, an adhesive layer 3 is disposed on the first layer and made of fluorocarbon contg. Si, and a second layer is disposed on the adhesive layer 3. Either the first or second layer is made of a material 2 selected from among a group of materials contg. Si-contg. inorg. compds. as the main components, metals, or inorg. metal compds., and the other layer is formed of an org. insulation film 4.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(A)



(B)



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-21873

(P2000-21873A)

(43) 公開日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/314

識別記号

F I

H 0 1 L 21/314

サーチコード(参考)

M 5 F 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平10-180918

(22) 出願日

平成10年6月26日 (1998.6.26)

(71) 出願人

000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者

武石 俊作

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人

100091340

弁理士 高橋 敬四郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層構造、配線構造、その製造方法、及び半導体装置

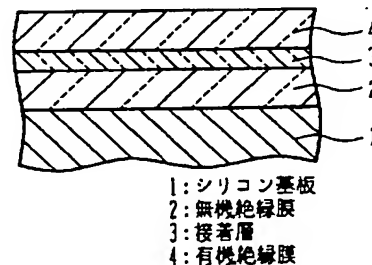
(57) 【要約】

【課題】 無機材料を主成分とする層と有機層との密着性を高めることができる積層構造を提供する。

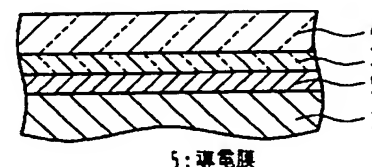
【解決手段】 主表面を有する基板の主表面上に第1の層が配置されている。第1の層の上に接着層が配置されている。接着層は、Siを含むフルオロカーボンで形成されている。接着層の上に第2の層が配置されている。第1及び第2の層のうち一方の層が、Siを含む無機物を主成分とする材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料で形成されており、他方の層が有機絶縁膜で形成されている。

第1の実施例

(A)



(B)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主表面を有する基板と、
前記主表面上に配置された第 1 の層と、
前記第 1 の層の上に配置され、Si を含むフルオロカーボンで形成された接着層と、
前記接着層の上に配置された第 2 の層とを有し、
前記第 1 及び第 2 の層のうち一方の層が、Si を含む無機物を主成分とする材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた 1 つの材料で形成されており、他方の層が有機絶縁膜で形成されている積層構造。

【請求項 2】 前記一方の層が Si を含む無機材料で形成されている請求項 1 に記載の積層構造。

【請求項 3】 前記接着層の比誘電率が 3.0 以上である請求項 1 または 2 に記載の積層構造。

【請求項 4】 前記接着層内の Si の濃度に、前記有機絶縁膜に近づくに従って低濃度になるような厚さ方向の分布が与えられている請求項 1 または 2 に記載の積層構造。

【請求項 5】 主表面を有し、該主表面の一部に導電性領域を有する基板と、
前記基板の上に形成された第 1 の層間絶縁膜と、
前記第 1 の層間絶縁膜の上に形成され、Si を含むフルオロカーボンからなる第 1 の接着層と、
前記第 1 の接着層及び前記第 1 の層間絶縁膜を貫通し、前記導電性領域の少なくとも一部を底面とするコンタクトホールと、
前記第 1 の接着層の上に形成された有機絶縁材料からなる第 2 の層間絶縁膜と、
前記第 2 の層間絶縁膜に形成され、一部が前記コンタクトホールに重なる配線用溝と、
前記コンタクトホール及び配線用溝内を埋め尽くし、前記導電性領域に接続された配線とを有する配線構造。

【請求項 6】 さらに、前記第 2 の層間絶縁膜の上面のうち、前記配線用溝の形成されていない領域を覆い、Si を含むフルオロカーボンにより形成された第 2 の接着層と、
前記第 2 の接着層の上に形成された第 3 の層間絶縁膜とを有する請求項 5 に記載の配線構造。

【請求項 7】 主表面を有し、該主表面の一部の領域が導電性領域とされている基板を準備する工程と、
前記基板の上に第 1 の層間絶縁膜を形成する工程と、
前記第 1 の層間絶縁膜の上に、Si を含むフルオロカーボンからなる第 1 の接着層を形成する工程と、
前記第 1 の接着層の、前記導電性領域に対応する領域に開口を形成する工程と、
前記第 1 の接着層をエッチングマスクとして前記第 1 の層間絶縁膜をエッチングし、前記開口に対応するコンタクトホールを形成する工程と、
前記コンタクトホール内を導電性材料で埋め込み、前記導電性領域に接続された導電性プラグを形成する工程

と、

前記第 1 の接着層の上に、有機絶縁材料からなる第 2 の層間絶縁膜を形成する工程と、

前記第 2 の層間絶縁膜に配線用溝を形成し、該配線用溝内を導電性材料で埋め込んで配線を形成する工程とを有する配線構造の製造方法。

【請求項 8】 主表面を有する半導体基板と、
前記主表面上に配置された第 1 の層と、
前記第 1 の層の上に配置され、Si を含むフルオロカーボンで形成された接着層と、
前記接着層の上に配置された第 2 の層とを有し、
前記第 1 及び第 2 の層のうち一方の層が、Si を含む無機物を主成分とする材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた 1 つの材料で形成されており、他方の層が有機絶縁膜で形成されている半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層構造、配線構造、及びその製造方法に関し、特に無機材料を主成分とする層と有機層とが積層された積層構造、配線構造、及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の高集積化、高速化の観点から、多層配線構造における絶縁材料の見直しが検討されている。通常、半導体装置の絶縁材料には SiO₂ が用いられている。SiO₂ の 1MHz における比誘電率は約 4.1 である。多層配線構造内を伝搬する信号の伝送遅延時間を短くするために、より比誘電率の小さな絶縁材料が求められている。

【0003】SiO₂ に代わる材料として SiOF 等の低誘電率材料が着目されている。SiOF の比誘電率は 1MHz において 3.0 程度であり、SiO₂ のそれよりも低い。しかし、SiOF 等の低誘電率膜は、耐熱性の点で SiO₂ 膜よりも劣る。

【0004】SiOF 以外の低誘電率材料として、有機絶縁材料が着目されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】有機絶縁膜は、半導体装置に一般的に用いられる無機絶縁膜、金属膜等との密着性が悪い。

【0006】本発明の目的は、無機材料を主成分とする層と有機層との密着性を高めることができる積層構造、配線構造、及びその製造方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、主表面を有する基板と、前記主表面上に配置された第 1 の層と、前記第 1 の層の上に配置され、Si を含むフルオロカーボンで形成された接着層と、前記接着層の上に配置された第 2 の層とを有し、前記第 1 及び第 2 の層のうち一方の層が、Si を含む無機物を主成分とする

材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料で形成されており、他方の層が有機材料で形成されている積層構造が提供される。

【0008】第1の層と第2の層との間に接着層を配置することにより、第2の層とその下地表面との密着性を高めることができる。

【0009】本発明の他の観点によると、主表面を有し、該主表面の一部の領域が導電性領域とされている基板と、前記基板の上に形成された第1の層間絶縁膜と、前記第1の層間絶縁膜の上に形成され、Siを含むフルオロカーボンからなる第1の接着層と、前記第1の接着層及び前記第1の層間絶縁膜を貫通し、前記導電性領域の少なくとも一部を底面とするコンタクトホールと、前記第1の接着層の上に形成された有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜と、前記第2の層間絶縁膜に形成され、一部が前記コンタクトホールに重なる配線用溝と、前記コンタクトホール及び配線用溝内を埋め尽くし、前記導電性領域に接続された配線とを有する配線構造が提供される。

【0010】第2の層間絶縁膜の下に第1の接着層を配置していることにより、第2の層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。また、配線が埋め込まれた第2の層間絶縁膜が有機絶縁材料で形成されている。この有機絶縁材料として低誘電率のものを使用すると、配線間の寄生容量を低減し、信号の伝搬遅延を短くすることができる。

【0011】本発明の他の観点によると、主表面を有し、該主表面の一部の領域が導電性領域とされている基板を準備する工程と、前記基板の上に第1の層間絶縁膜を形成する工程と、前記第1の層間絶縁膜の上に、Siを含むフルオロカーボンからなる第1の接着層を形成する工程と、前記第1の接着層の、前記導電性領域に対応する領域に開口を形成する工程と、前記第1の接着層をエッチングマスクとして前記第1の層間絶縁膜をエッチングし、前記開口に対応するコンタクトホールを形成する工程と、前記コンタクトホール内を導電性材料で埋め込み、前記導電性領域に接続された導電性プラグを形成する工程と、前記第1の接着層の上に、有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜を形成する工程と、前記第2の層間絶縁膜に配線用溝を形成し、該配線用溝内を導電性材料で埋め込んで配線を形成する工程とを有する配線構造の製造方法が提供される。

【0012】第2の層間絶縁膜の下に第1の接着層を配置していることにより、第2の層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。また、配線が埋め込まれた第2の層間絶縁膜が有機絶縁材料で形成されている。この有機絶縁材料として低誘電率のものを使用すると、配線間の寄生容量を低減し、信号の伝搬遅延を短くすることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1(A)は、本発明の第1の実施例による積層構造の断面図を示す。シリコン基板1の上に、無機絶縁膜2、接着層3、及び有機絶縁膜4がこの順番に積層されている。

【0014】無機絶縁膜2として、酸化シリコン(SiO₂)、窒化シリコン(SiN)、酸窒化シリコン(SiON)、フッ素ドーパ酸化シリコン、ボロンドープ酸化シリコン(SiOB)、ボロンドープ窒化シリコン(SiNB)、リンドーパ酸化シリコン(PSG)、ボロンリンドーパ酸化シリコン(BPSG)、ハイドロシルセスキオキサン(HSQ)、及び有機スピノングラス(HSG)を用いた。なお、HSGは、Siを含む無機物を主成分として含み、さらに有機成分をも含むが、ここでは、無機絶縁材料に含めることとする。

【0015】接着層3は、Siを含むフルオロカーボン(SiCF)で形成されている。接着層3は、原料ガスとしてC₂H₂、C₄F₈及びSiH₄を用いたプラズマ励起型化学気相成長(PECVD)により形成した。接着層3の成長条件は、C₂H₂流量8.6sccm、C₄F₈流量60sccm、SiH₄流量20sccm、基板温度200~400℃、圧力0.3~5.0 Torr、及びプラズマ発生用の高周波電磁場の周波数13.56MHz、その印加電力50Wである。

【0016】有機絶縁膜4として、フルオロカーボン(CF)、フッ素化ベンゾシクロブテン(ダウケミカル社(Dow Chemical)製のPFCB)、ベンゾシクロブテン(ダウケミカル社製のBCB)、フッ素化ポリアリルエーテル(アライドシグナル社(Allied Signal)製のFLARE1.0)、ポリアリルエーテル(アライドシグナル社製のFLARE2.0、またはシューマシャ社(Shumacher)製のPAE)、バリレン、ポリイミド、及びフッ素化ポリイミドを用いた。

【0017】図1(A)に示す積層構造の有機絶縁膜4の密着性の評価を、セバスチャン試験により行った。図1(A)に示す積層構造の有機絶縁膜4の表面上に、釘状のテスト棒の平坦な端部をエポキシ系接着剤で接着する。テスト棒を上方に引っ張り、どこで剥がれが生じたかを観察する。有機絶縁膜4とテスト棒との界面で剥がれが生ずるときの引っ張り力は、約600kgw/cm²であった。

【0018】なお、無機絶縁膜2、接着層3、及び有機絶縁膜4の厚さは、それぞれ0.1~2.0μm、0.01μm、及び0.05~2.0μmである。

【0019】以下、評価用試料の無機絶縁膜2及び有機絶縁膜4の成膜方法について説明する。

【0020】無機絶縁膜2としてSiO₂、SiN、SiON、SiOF、SiOB、SiNB、PSG、BPSGを用いる場合には、PECVDにより、基板温度350℃、圧力1.0Torrの条件下で形成した。

【0021】SiO₂を用いる場合の原料ガスはSiH

4 と N_2O であり、 SiH_4 流量を 5 sccm、 N_2O 流量を 300 sccm、プラズマ発生用の高周波電磁場の周波数を 200 kHz、その印加電力を 30 W とした。 SiN を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と NH_3 であり、 SiH_4 流量を 10 sccm、 NH_3 流量を 300 sccm、高周波電磁場の周波数を 200 kHz、その印加電力を 30 W とした。

【0022】 $SiON$ を用いる場合の原料ガスは SiH_4 4 と N_2O と NH_3 であり、 SiH_4 流量を 10 sccm、 N_2O 流量及び NH_3 流量を 300 sccm、高周波電磁場の周波数を 200 kHz、印加電力を 30 W とした。 $SiOF$ を用いる場合の原料ガスは $TEOS$ (H) 10 e) と O_2 と C_2F_6 であり、 $TEOS$ 流量を 480 sccm、 O_2 流量を 700 sccm、 C_2F_6 流量を 350 sccm、高周波電磁場の周波数を 13.56 MHz 及び 350 kHz、その印加電力をそれぞれ 80 W 及び 90 W とした。

【0023】 $SiOB$ を用いる場合の原料ガスは SiH_4 4 と N_2O と B_2H_6 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 5 sccm、 N_2O 流量を 300 sccm、 B_2H_6 流量を 5 sccm、 N_2 流量を 95 sccm、高周波電磁場の周波数を 200 kHz、印加電力を 30 W とした。 $SiNB$ を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と NH_3 と B_2H_6 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 10 sccm、 NH_3 流量を 300 sccm、 B_2H_6 流量を 5 sccm、 N_2 流量を 95 sccm、高周波電磁場の周波数を 200 kHz、印加電力を 30 W とした。

【0024】 PSG を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と N_2O と PH_3 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 5 sccm、 N_2O 流量を 300 sccm、 PH_3 流量を 1 sccm、 N_2 流量を 99 sccm、高周波電磁場の周波数を 200 kHz、印加電力を 30 W とした。 $BPSG$ を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と N_2O と PH_3 と B_2H_6 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 5 sccm、 N_2O 流量を 300 sccm、 PH_3 流量を 1 sccm、 B_2H_6 流量を 0.5 sccm、 N_2 流量を 148.5 sccm、高周波電磁場の周波数を 200 kHz、印加電力を 30 W とした。

【0025】無機絶縁膜 2 として HSQ を用いる場合には、スピン塗布により成膜した。無機絶縁膜 2 として HSG を用いる場合には、スピン塗布により成膜した。スピン条件は、最初の 8 秒間が 500 rpm であり、その後の 30 秒間が 4000 rpm である。ベーキング条件は、最初の 30 秒間が 150℃、その後の 30 秒間が 250℃である。キュア条件は、450℃、60 分である。

【0026】有機絶縁膜 4 として CF を用いる場合は、 $PE-CVD$ により成膜した。原料ガスは C_2H_2 と C_4F_8 であり、 C_2H_2 の流量が 8.6 sccm、 C_4F_8 の流量が 60 sccm である。基板温度は 200～

400℃、圧力は 0.3～1.2 Torr、高周波電磁場の周波数が 13.56 MHz、その印加電力が 50～400 W である。

【0027】有機絶縁膜 4 として $PFCB$ 、 BCB 、 $FLARE1.0$ 、 $FLARE2.0$ 、ポリイミド、 PAE を用いる場合は、スピン塗布により成膜した。溶剤は、いずれの場合もシクロヘキサノンである。

【0028】 $PFCB$ を用いる場合のスピン条件は、最初の 5 秒間が 300 rpm、その後の 30 秒間が 3000 rpm である。ベーキング条件は 100℃で 45 秒間である。キュア条件は、最初の 60 分間が 120℃、その後の 60 分間が 300℃である。

【0029】 BCB を用いる場合のスピン条件は、最初の 5 秒間が 300 rpm、その後の 30 秒間が 3000 rpm である。ベーキング条件は 100℃で 45 秒間である。キュア条件は、最初の 60 分間が 150℃、その後の 60 分間が 250℃である。

【0030】 $FLARE$ を用いる場合のスピン条件は、最初の 5 秒間が 500 rpm、その後 5 秒間が回転停止、その後の 60 秒間が 2000 rpm である。ベーキング条件は、最初の 1 分間が 150℃、その後の 1 分間が 200℃、その後の 1 分間が 250℃である。キュア条件は 425℃で 60 分間である。

【0031】ポリイミドを用いる場合のスピン条件は、最初の 8 秒間が 500 rpm、その後の 30 秒間が 3400 rpm である。ベーキング条件は、最初の 30 秒間が 110℃、その後の 30 秒間が 140℃である。キュア条件は 350℃で 60 分間である。

【0032】 PAE を用いる場合のスピン条件は、最初の 5 秒間が 300 rpm、その後の 60 秒間が 2000 rpm である。ベーキング条件は最初の 1 分間が 60℃、その後の 1 分間が 275℃である。キュア条件は 425℃で 60 分間である。

【0033】有機絶縁膜 4 としてバリレンを用いる場合の成膜方法は、気相成長である。有機絶縁膜 4 としてフッ素化ポリイミドを用いる場合の成膜方法は、スピン塗布であり、成膜条件はポリイミドの成膜条件と同一である。

【0034】無機絶縁膜 2 及び有機絶縁膜 4 としていずれの材料を用いた場合にも、セバスチャン試験において有機絶縁膜 4 の剥がれは生じなかった。比較のために、図 1 (A) の接着層 3 を挿入しない試料について同様の試験を行った。さらに、接着層として、有機絶縁膜との接着性が高いと思われるアモルファスカーボンを用いた試料についても同様の試験を行った。接着層 3 を挿入しない場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の全部もしくは一部で有機絶縁膜 4 に剥がれが生じた。接着層 3 としてアモルファスカーボンを用いた場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の一部で有機絶縁膜 4 に剥がれが生じた。

【0035】無機絶縁膜2と有機絶縁膜4との間に、SiCFからなる接着層を挿入することにより、両者の密着性を高めることができる。この理由は以下のように考察される。

【0036】有機絶縁膜4に含まれるカーボンと接着層3に含まれるカーボンとが結合し易いため、両者の密着性が高い。無機絶縁膜2のSiと接着層3のSiとが結合し易いため、両者の密着性が高い。このため、有機絶縁膜4の基板への密着性を高められると考えられる。接着層3内のSiの濃度に、有機絶縁膜4に近づくに従って低濃度になるような厚さ方向の分布を与えることにより、より高い密着性を得ることができるであろう。

【0037】無機絶縁膜2として、上記絶縁材料の他に、Siを含む無機材料、またはSiを含む無機材料を主成分とする材料を用いる場合にも同様の効果が期待できるであろう。また、有機絶縁膜4として、他の有機材料を用いる場合も同様の効果が期待できるであろう。

【0038】図1(A)において、接着層3を形成する前に、無機絶縁膜2の表面層の薄い部分をArでスパッタリングしてもよい。Arスパッタリングにより、接着層3の下地表面を清浄化し、より密着性を高めることができる。

【0039】次に、第1の実施例の変形例について説明する。上記実施例では、無機絶縁膜の上に有機絶縁膜を形成する場合に、両者の間にSiCF膜を挿入することにより、両者の密着性を高めることができることを示した。無機絶縁膜の代わりに、無機導電膜を用いた場合にも、密着性を高められることが期待される。他の実施例では金属膜若しくは無機金属化合物膜の上に有機絶縁膜を形成する。

【0040】図1(B)は、第1の実施例の変形例による積層構造の断面図を示す。シリコン基板1の上に、導電膜5、接着層3、及び有機絶縁膜4がこの順番に積層されている。接着層3及び有機絶縁膜4の材料及び成膜方法は、図1(A)の第1の実施例の場合と同様である。

【0041】導電膜5として、アルミニウム(Al)、アルミニウムシリコン(AlSi)、銅含有アルミニウムシリコン(AlSiCu)、銅含有アルミニウム(AlCu)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、窒化タングステン(WN)、窒化タンタル(TaN)、銅(Cu)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)を用いた。いずれの場合も、DCスパッタリングにより成膜した。なお、窒化物の成膜は、スパッタガスとしてArとN₂を用いた反応性スパッタリングにより行った。

【0042】Al、AlSi、AlSiCu、及びAlCuを用いる場合には、Arガス流量を100sccm、基板温度を300℃、圧力を3mTorr、DC印加電力を10kWとした。なお、AlSiターゲットは、Al:Si=99:1のものであり、AlSiCu

ターゲットは、Al:Si:Cu=98.5:1:0.5のものであり、AlCuターゲットは、Al:Cu=99:1のものである。

【0043】Wを用いる場合には、Ar流量を100sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を5kWとした。Taを用いる場合には、Ar流量を100sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を6kWとした。

【0044】WNを用いる場合には、Ar流量を50sccm、N₂流量を50sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を5kWとした。Ta₂Nを用いる場合には、Ar流量を45sccm、N₂流量を55sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を6kWとした。

【0045】Cuを用いる場合には、Ar流量を25sccm、基板温度を室温、圧力を1.5Torr、DC印加電力を5kWとした。Tiを用いる場合には、Ar流量を25sccm、基板温度を室温、圧力を3mTorr、DC印加電力を5kWとした。TiNを用いる場合には、Ar流量を25sccm、N₂流量を35sccm、基板温度を室温、圧力を3mTorr、DC印加電力を5kWとした。

【0046】本変形例においても、図1(A)の実施例の場合と同様の密着性の評価を行った。導電膜5及び有機絶縁膜4としていずれの材料を用いた場合にも、有機絶縁膜4の剥がれは生じなかった。これに対し、導電膜5を挿入しない場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の全部もしくは一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。また、接着層3としてアモルファスカーボンを用いた場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。

【0047】導電膜5と有機絶縁膜4との間にSiCFからなる接着層3を挿入することにより、両者の密着性を高めることができる。

【0048】導電膜5として、その他の金属または金属化合物を用いる場合にも、同様の効果が期待できるであろう。また、有機絶縁膜4として、他の有機材料を用いる場合にも同様の効果が期待できるであろう。

【0049】図2は、SiCF膜形成時のSiH₄流量とSiCF膜の比誘電率との関係を示す。横軸はSiH₄流量を単位sccmで表し、縦軸は比誘電率を表す。なお、原料ガスとしてSiH₄とC₄F₈とC₂H₂を用い、C₄F₈の流量を60sccm、C₂H₂の流量を8.6sccmとした。また、高周波電磁場の周波数を13.56MHz、その印加電力を150W、圧力を1.2Torr、基板温度を400℃とした。

【0050】SiH₄流量を増加させるに従って、比誘電率が増加している。比誘電率が2.8以下の場合には、成膜後400℃で熱処理すると、SiCF膜上の有機絶縁膜に剥がれが生じた。SiCF膜の比誘電率を

3. 0以上とした場合には、剥がれは生じなかった。このことから、SiCF膜を接着層として使用する場合に、その比誘電率を3. 0以上とすることが好ましいと考えられる。

【0051】図3は、SiCF膜形成時の基板へ与えるDCバイアス電力と、SiCF膜内の圧縮応力との関係を示す。横軸はDCバイアス電力を単位Wで表し、縦軸は圧縮応力を単位 dyne/cm^2 で表す。圧縮応力は、光の反射によりウエハの反りを検出するストレス測定計により測定した。

【0052】DCバイアス電力を変化させると、SiCF膜内の圧縮応力も変動する。すなわち、DCバイアス電力によりSiCF膜内の圧縮応力を制御することができる。図1(A)及び図1(B)の積層構造を形成する場合には、接着層3の上下の膜の応力を考慮して接着層3の成膜時のDCバイアス電力を制御し、接着層3内の応力を調整することができる。

【0053】次に、図4及び図5を参照して、第2の実施例について説明する。第2の実施例は、上記第1の実施例による積層構造を、ダマシン(Damascene)法で形成する半導体装置の多層配線に適用した例である。

【0054】図4(A)に示すように、シリコン基板10の表面層に素子分離構造体11が形成され、活性領域が画定されている。活性領域内に、MOSFET12が形成されている。MOSFET12は、ソース領域12S、ドレイン領域12D、及びゲート電極12Gを含んで構成される。

【0055】MOSFET12を覆うように、シリコン基板10の上に SiO_2 からなる厚さ1000nmの第1の層間絶縁膜13を形成する。第1の層間絶縁膜13は、例えば、原料ガスとして SiH_4 と N_2O を用いたCVDにより形成される。第1の層間絶縁膜13の上に、Siを含むフルオロカーボンからなる厚さ10nmの第1の接着層14を形成する。第1の接着層14の形成は、図1(A)に示す接着層3の形成と同様の方法で行う。

【0056】図4(B)に示すように、第1の接着層14の、ソース領域12S及びドレイン領域12Dに対応する領域の各々に開口14Aを形成する。開口14Aの形成は、第1の接着層14の表面をレジストパターンで覆い、 CF_4 と CHF_3 を用いたRIEを用いて第1の接着層14及び層間絶縁膜13をエッチングすることにより行う。開口14Aを形成した後、レジストパターンを除去する。第1の接着層14及び第1の層間絶縁膜13を貫通するコンタクトホール15が形成される。

【0057】コンタクトホール15内を埋め込むように、導電性プラグ16を形成する。まず、基板表面及びコンタクトホール15の内面を覆うTiN膜を堆積する。コンタクトホール15内を埋め込むように、TiN膜の上にAl合金膜を堆積する。余分なTiN膜及びAl

合金膜をCMPで除去することにより、導電性プラグ16が形成される。

【0058】図4(C)に示すように、第1の接着層14の上に有機絶縁材料からなる厚さ500nmの第2の層間絶縁膜20を形成する。第2の層間絶縁膜20は、例えば、図1(A)に示す有機絶縁膜4と同様の材料により形成される。第2の層間絶縁膜20の上に、厚さ10nmの第2の接着層21を形成する。第2の接着層21は、第1の接着層14と同様の方法で形成される。

【0059】図5(A)に示すように、第2の接着層21及び第2の層間絶縁膜20に配線用の配線溝22を形成する。配線溝22は、第2の接着層21をパターニングし、パターニングされた第2の接着層21をマスクとして第2の層間絶縁膜20をエッチングすることにより形成される。第2の接着層21のパターニングは、 CF_4 と CHF_3 を用いたRIEにより行う。第2の層間絶縁膜20のエッチングは、 O_2 を用いたRIEにより行う。

【0060】図5(B)に示すように、配線溝22内を埋め込むように、配線25を形成する。まず、配線溝22の内面及び第2の接着層21の上面を覆うTiN膜を堆積し、このTiN膜上に、溝22内を埋め尽くすようにAl合金膜を堆積する。余分なTiN膜とAl合金膜をCMPで除去することにより、配線25が形成される。

【0061】図5(C)に示すように、第2の接着層21の上に、第3の層間絶縁膜25、第3の接着層31を形成する。この2層を貫通するコンタクトホールを形成し、このコンタクトホール内を導電性プラグ32で埋め込む。第3の接着層31の上に、第4の層間絶縁膜33及び第4の接着層34を形成する。この2層に配線溝を形成し、この溝内を埋め込むように配線35を形成する。第3の層間絶縁膜30から第4の接着層34までの配線構造は、第1の層間絶縁膜13から第2の接着層21までの配線構造と同様の方法で形成される。

【0062】 SiO_2 からなる第1の層間絶縁膜13と有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜20との間に第1の接着層14が挿入されているため、第2の層間絶縁膜20とその下地表面との密着性を高めることができる。第2の層間絶縁膜20よりも上層の層間絶縁膜においても、同様に、各層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。

【0063】また、配線25及び35が配置されているのは、有機絶縁膜で形成されている。第1の実施例で説明した有機絶縁材料を使用することにより、この膜の誘電率を低減することができる。このため、配線間の寄生容量が小さくなり、信号伝搬遅延を短くすることができる。なお、第3の層間絶縁膜30を、第2及び第4の層間絶縁膜と同様に有機絶縁材料で形成してもよい。

【0064】また、第2の実施例では、各接着層は、そ

の下層間絶縁膜のエッチングマスクとしても使用される。O₂を用いたRIEで層間絶縁膜のエッチングを行う際に、接着層の上のレジストパターンもアッシング除去される。

【0065】次に、図6を参照して第3の実施例について説明する。図4及び図5に示す第2の実施例では、ダマシン法による多層配線構造を説明した。第3の実施例では、図1(A)に示す第1の実施例による配線構造を、デュアルダマシン法による多層配線構造に適用した例である。通常のダマシン法では、図5(C)に示す導電性プラグ16を形成した後に、その上の配線25を形成する。デュアルダマシン法では、導電性プラグ16と配線25とを同時に形成する。

【0066】図6は、第3の実施例による多層配線構造の断面図を示す。第1～第4の層間絶縁膜13、20、30、33、及び第1～第4の接着層14、21、31、34の積層構造は、図5(C)に示す積層構造と同様である。第1の層間絶縁膜13及び第1の接着層14に、コンタクトホール15が形成され、第2の層間絶縁膜20及び第2の接着層21に配線溝22が形成されている。コンタクトホール15及び溝22の内面をTiN膜が覆い、TiN膜の上に、コンタクトホール15及び溝22を埋め込むように配線40が形成されている。

【0067】第3の層間絶縁膜30から第4の接着層34までの積層構造内にも、配線40と同様の構成の配線41が形成されている。

【0068】次に、配線40の形成方法を説明する。シリコン基板10の上に、第1の層間絶縁膜13から第2の接着層21までを積層する。コンタクトホール15を形成するための開口を有するレジストパターンを用いて、第2の接着層21から第1の層間絶縁膜13までをエッチングする。

【0069】コンタクトホール15形成用のレジストパターンを除去する。配線溝22に対応したレジストパターンを用いて第2の接着層21及び第2の層間絶縁膜20をエッチングし、配線溝22を形成する。配線溝22の形成後、レジストパターンを除去する。

【0070】コンタクトホール15及び配線溝22の内面及び第2の接着層21の上面をTiN膜で覆う。このTiN膜上に、コンタクトホール15及び配線溝22内を埋め込むようにAl合金膜を堆積する。余分なAl合金膜とTiN膜をCMPにより除去し、コンタクトホール15及び配線溝22内に配線40を残す。

【0071】図6に示す構成の場合にも、無機材料からなる層間絶縁膜と有機材料からなる層間絶縁膜との間に接着層が配置されている。このため、各層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。

【0072】以上実施例に沿って本発明を説明したが、

本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、Siを含む無機物を主成分とする材料、金属、及び金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料からなる層と有機膜との間に、Siを含むフルオロカーボンからなる接着層を挿入することにより、2つの膜の密着性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による配線構造の断面図である。

【図2】Siを含むフルオロカーボン膜をPE-CVDで成長させる場合のSiH₄流量と比誘電率との関係を示すグラフである。

【図3】Siを含むフルオロカーボン膜をPE-CVDで成長させる場合の、基板へ印加するDCバイアス電力とフルオロカーボン膜の圧縮応力との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の第2の実施例による配線構造の製造方法を説明するための配線構造の断面図(その1)である。

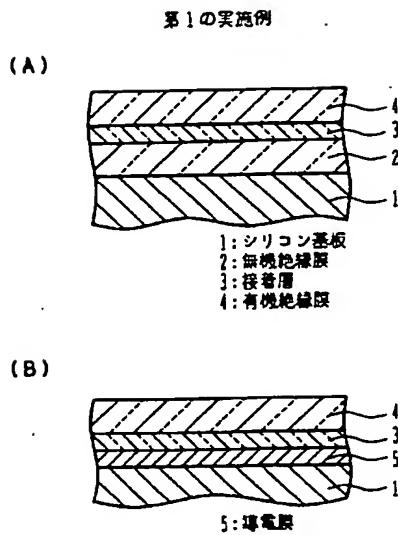
【図5】本発明の第2の実施例による配線構造の製造方法を説明するための配線構造の断面図(その2)である。

【図6】本発明の第3の実施例による配線構造の断面図である。

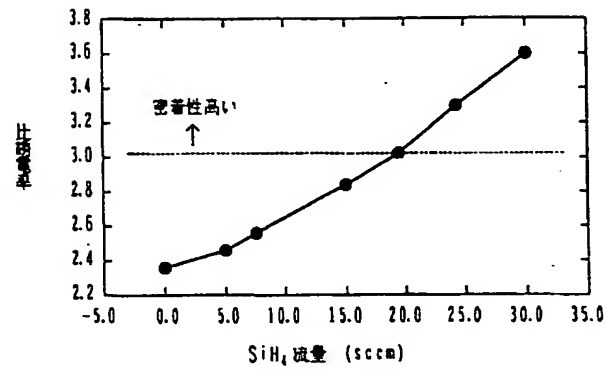
【符号の説明】

- 1、10 シリコン基板
- 2 無機絶縁膜
- 3 接着層
- 4 有機絶縁膜
- 5 導電膜
- 11 素子分離構造体
- 12 MOSFET
- 13 第1の層間絶縁膜
- 14 第1の接着層
- 15 コンタクトホール
- 16、32 導電性プラグ
- 20 第2の層間絶縁膜
- 21 第2の接着層
- 22 配線溝
- 25、35、40、41 配線
- 30 第3の層間絶縁膜
- 31 第3の接着層
- 33 第4の層間絶縁膜
- 34 第4の接着層

【図1】

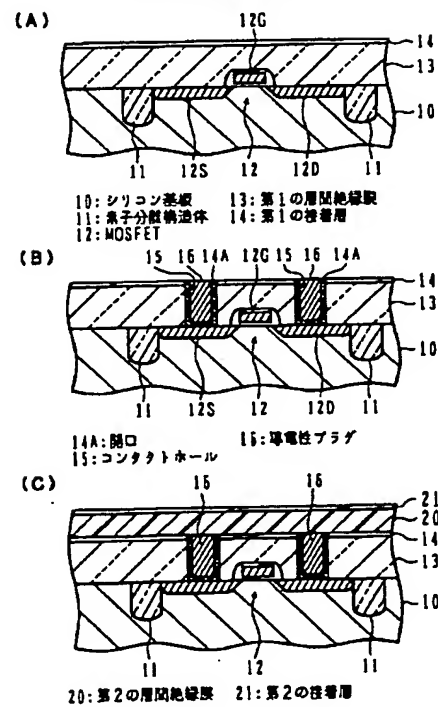


【図2】

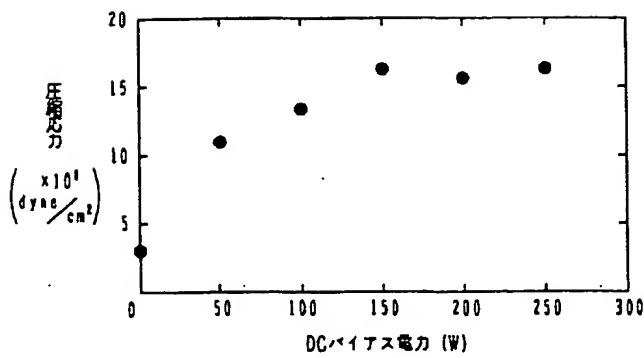


【図4】

第2の実施例 (その1)



【図3】



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-21873

(P2000-21873A)

(43)公開日 平成12年 1月21日(2000.1.21)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/314

識別記号

F I

H 0 1 L 21/314

テマコード^{*}(参考)

M 5 F 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-180918

(22)出願日 平成10年 6月26日(1998.6.26)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 武石 俊作

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100091340

弁理士 高橋 敬四郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 積層構造、配線構造、その製造方法、及び半導体装置

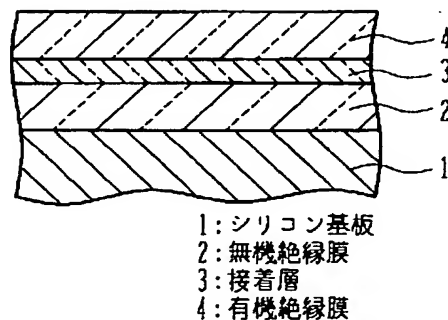
(57)【要約】

【課題】 無機材料を主成分とする層と有機層との密着性を高めることができる積層構造を提供する。

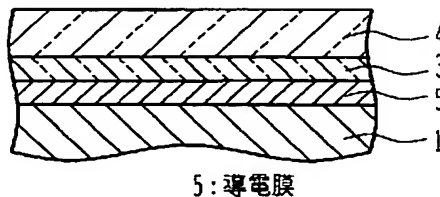
【解決手段】 主表面を有する基板の主表面上に第1の層が配置されている。第1の層の上に接着層が配置されている。接着層は、S iを含むフルオロカーボンで形成されている。接着層の上に第2の層が配置されている。第1及び第2の層のうち一方の層が、S iを含む無機物を主成分とする材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料で形成されており、他方の層が有機絶縁膜で形成されている。

第1の実施例

(A)



(B)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主表面を有する基板と、
前記主表面上に配置された第1の層と、
前記第1の層の上に配置され、Siを含むフルオロカーボンで形成された接着層と、
前記接着層の上に配置された第2の層とを有し、
前記第1及び第2の層のうち一方の層が、Siを含む無機物を主成分とする材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料で形成されており、他方の層が有機絶縁膜で形成されている積層構造。

【請求項2】 前記一方の層がSiを含む無機材料で形成されている請求項1に記載の積層構造。

【請求項3】 前記接着層の比誘電率が3.0以上である請求項1または2に記載の積層構造。

【請求項4】 前記接着層内のSiの濃度に、前記有機絶縁膜に近づくに従って低濃度になるような厚さ方向の分布が与えられている請求項1または2に記載の積層構造。

【請求項5】 主表面を有し、該主表面の一部に導電性領域を有する基板と、
前記基板の上に形成された第1の層間絶縁膜と、
前記第1の層間絶縁膜の上に形成され、Siを含むフルオロカーボンからなる第1の接着層と、
前記第1の接着層及び前記第1の層間絶縁膜を貫通し、前記導電性領域の少なくとも一部を底面とするコンタクトホールと、
前記第1の接着層の上に形成された有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜と、
前記第2の層間絶縁膜に形成され、一部が前記コンタクトホールに重なる配線用溝と、
前記コンタクトホール及び配線用溝内を埋め尽くし、前記導電性領域に接続された配線とを有する配線構造。

【請求項6】 さらに、前記第2の層間絶縁膜の上面のうち、前記配線用溝の形成されていない領域を覆い、Siを含むフルオロカーボンにより形成された第2の接着層と、
前記第2の接着層の上に形成された第3の層間絶縁膜とを有する請求項5に記載の配線構造。

【請求項7】 主表面を有し、該主表面の一部の領域が導電性領域とされている基板を準備する工程と、
前記基板の上に第1の層間絶縁膜を形成する工程と、
前記第1の層間絶縁膜の上に、Siを含むフルオロカーボンからなる第1の接着層を形成する工程と、
前記第1の接着層の、前記導電性領域に対応する領域に開口を形成する工程と、
前記第1の接着層をエッチングマスクとして前記第1の層間絶縁膜をエッチングし、前記開口に対応するコンタクトホールを形成する工程と、
前記コンタクトホール内を導電性材料で埋め込み、前記導電性領域に接続された導電性プラグを形成する工程

と、
前記第1の接着層の上に、有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜を形成する工程と、
前記第2の層間絶縁膜に配線用溝を形成し、該配線用溝内を導電性材料で埋め込んで配線を形成する工程とを有する配線構造の製造方法。

【請求項8】 主表面を有する半導体基板と、
前記主表面上に配置された第1の層と、
前記第1の層の上に配置され、Siを含むフルオロカーボンで形成された接着層と、
前記接着層の上に配置された第2の層とを有し、
前記第1及び第2の層のうち一方の層が、Siを含む無機物を主成分とする材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料で形成されており、他方の層が有機絶縁膜で形成されている半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層構造、配線構造、及びその製造方法に関し、特に無機材料を主成分とする層と有機層とが積層された積層構造、配線構造、及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の高集積化、高速化の観点から、多層配線構造における絶縁材料の見直しが検討されている。通常、半導体装置の絶縁材料にはSiO₂が用いられている。SiO₂の1MHzにおける比誘電率は約4.1である。多層配線構造内を伝搬する信号の伝送遅延時間を短くするために、より比誘電率の小さな絶縁材料が求められている。

【0003】SiO₂に代わる材料としてSiOF等の低誘電率材料が着目されている。SiOFの比誘電率は1MHzにおいて3.0程度であり、SiO₂のそれよりも低い。しかし、SiOF等の低誘電率膜は、耐熱性の点でSiO₂膜よりも劣る。

【0004】SiOF以外の低誘電率材料として、有機絶縁材料が着目されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】有機絶縁膜は、半導体装置に一般的に用いられる無機絶縁膜、金属膜等との密着性が悪い。

【0006】本発明の目的は、無機材料を主成分とする層と有機層との密着性を高めることができる積層構造、配線構造、及びその製造方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、主表面を有する基板と、前記主表面上に配置された第1の層と、前記第1の層の上に配置され、Siを含むフルオロカーボンで形成された接着層と、前記接着層の上に配置された第2の層とを有し、前記第1及び第2の層のうち一方の層が、Siを含む無機物を主成分とする

材料、金属、及び無機金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料で形成されており、他方の層が有機材料で形成されている積層構造が提供される。

【0008】第1の層と第2の層との間に接着層を配置することにより、第2の層とその下地表面との密着性を高めることができる。

【0009】本発明の他の観点によると、主表面を有し、該主表面の一部の領域が導電性領域とされている基板と、前記基板の上に形成された第1の層間絶縁膜と、前記第1の層間絶縁膜の上に形成され、Siを含むフルオロカーボンからなる第1の接着層と、前記第1の接着層及び前記第1の層間絶縁膜を貫通し、前記導電性領域の少なくとも一部を底面とするコンタクトホールと、前記第1の接着層の上に形成された有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜と、前記第2の層間絶縁膜に形成され、一部が前記コンタクトホールに重なる配線用溝と、前記コンタクトホール及び配線用溝内を埋め尽くし、前記導電性領域に接続された配線とを有する配線構造が提供される。

【0010】第2の層間絶縁膜の下に第1の接着層を配置していることにより、第2の層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。また、配線が埋め込まれた第2の層間絶縁膜が有機絶縁材料で形成されている。この有機絶縁材料として低誘電率のものを使用すると、配線間の寄生容量を低減し、信号の伝搬遅延を短くすることができる。

【0011】本発明の他の観点によると、主表面を有し、該主表面の一部の領域が導電性領域とされている基板を準備する工程と、前記基板の上に第1の層間絶縁膜を形成する工程と、前記第1の層間絶縁膜の上に、Siを含むフルオロカーボンからなる第1の接着層を形成する工程と、前記第1の接着層の、前記導電性領域に対応する領域に開口を形成する工程と、前記第1の接着層をエッチングマスクとして前記第1の層間絶縁膜をエッチングし、前記開口に対応するコンタクトホールを形成する工程と、前記コンタクトホール内を導電性材料で埋め込み、前記導電性領域に接続された導電性プラグを形成する工程と、前記第1の接着層の上に、有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜を形成する工程と、前記第2の層間絶縁膜に配線用溝を形成し、該配線用溝内を導電性材料で埋め込んで配線を形成する工程とを有する配線構造の製造方法が提供される。

【0012】第2の層間絶縁膜の下に第1の接着層を配置していることにより、第2の層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。また、配線が埋め込まれた第2の層間絶縁膜が有機絶縁材料で形成されている。この有機絶縁材料として低誘電率のものを使用すると、配線間の寄生容量を低減し、信号の伝搬遅延を短くすることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1(A)は、本発明の第1の実施例による積層構造の断面図を示す。シリコン基板1の上に、無機絶縁膜2、接着層3、及び有機絶縁膜4がこの順番に積層されている。

【0014】無機絶縁膜2として、酸化シリコン(SiO₂)、窒化シリコン(SiN)、酸窒化シリコン(SiON)、フッ素ドーパ酸化シリコン、ボロンドープ酸化シリコン(SiOB)、ボロンドープ窒化シリコン(SiNB)、リンドーパ酸化シリコン(PSG)、ボロンリンドーパ酸化シリコン(BPSG)、ハイドロシルセスキオキサン(HSQ)、及び有機スピノングラス(HSG)を用いた。なお、HSGは、Siを含む無機物を主成分として含み、さらに有機成分をも含むが、ここでは、無機絶縁材料に含めることとする。

【0015】接着層3は、Siを含むフルオロカーボン(SiCF)で形成されている。接着層3は、原料ガスとしてC₂H₂、C₄F₈及びSiH₄を用いたプラズマ励起型化学気相成長(PE-CVD)により形成した。接着層3の成長条件は、C₂H₂流量8.6sccm、C₄F₈流量60sccm、SiH₄流量20sccm、基板温度200~400℃、圧力0.3~5.0Torr、及びプラズマ発生用の高周波電磁場の周波数13.56MHz、その印加電力50Wである。

【0016】有機絶縁膜4として、フルオロカーボン(CF)、フッ素化ベンゾシクロブテン(ダウケミカル社(Dow Chemical)製のPFCB)、ベンゾシクロブテン(ダウケミカル社製のBCB)、フッ素化ポリアリルエーテル(アライドシグナル社(Allied Signal)製のFLARE1.0)、ポリアリルエーテル(アライドシグナル社製のFLARE2.0、またはシューマシャ社(Shumacher)製のPAE)、パリレン、ポリイミド、及びフッ素化ポリイミドを用いた。

【0017】図1(A)に示す積層構造の有機絶縁膜4の密着性の評価を、セバスチャン試験により行った。図1(A)に示す積層構造の有機絶縁膜4の表面上に、釘状のテスト棒の平坦な端部をエポキシ系接着剤で接着する。テスト棒を上方に引っ張り、どこで剥がれが生じたかを観察する。有機絶縁膜4とテスト棒との界面で剥がれが生ずるときの引っ張り力は、約600kgw/cm²であった。

【0018】なお、無機絶縁膜2、接着層3、及び有機絶縁膜4の厚さは、それぞれ0.1~2.0μm、0.01μm、及び0.05~2.0μmである。

【0019】以下、評価用試料の無機絶縁膜2及び有機絶縁膜4の成膜方法について説明する。

【0020】無機絶縁膜2としてSiO₂、SiN、SiON、SiOF、SiOB、SiNB、PSG、BPSGを用いる場合には、PE-CVDにより、基板温度350℃、圧力1.0Torrの条件下で形成した。

【0021】SiO₂を用いる場合の原料ガスはSiH

SiH_4 と N_2O であり、 SiH_4 流量を 5 sccm 、 N_2O 流量を 300 sccm 、プラズマ発生用の高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、その印加電力を 30 W とした。 SiN を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と NH_3 であり、 SiH_4 流量を 10 sccm 、 NH_3 流量を 300 sccm 、高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、その印加電力を 30 W とした。

【0022】 SiON を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と N_2O と NH_3 であり、 SiH_4 流量を 10 sccm 、 N_2O 流量及び NH_3 流量を 300 sccm 、高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、印加電力を 30 W とした。 SiOF を用いる場合の原料ガスは TEOS (He) と O_2 と C_2F_6 であり、 TEOS 流量を 480 sccm 、 O_2 流量を 700 sccm 、 C_2F_6 流量を 350 sccm 、高周波電磁場の周波数を 13.56 MHz 及び 350 kHz 、その印加電力をそれぞれ 80 W 及び 90 W とした。

【0023】 SiOB を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と N_2O と B_2H_6 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 5 sccm 、 N_2O 流量を 300 sccm 、 B_2H_6 流量を 5 sccm 、 N_2 流量を 95 sccm 、高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、印加電力を 30 W とした。 SiNB を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と NH_3 と B_2H_6 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 10 sccm 、 NH_3 流量を 300 sccm 、 B_2H_6 流量を 5 sccm 、 N_2 流量を 95 sccm 、高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、印加電力を 30 W とした。

【0024】 PSG を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と N_2O と PH_3 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 5 sccm 、 N_2O 流量を 300 sccm 、 PH_3 流量を 1 sccm 、 N_2 流量を 99 sccm 、高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、印加電力を 30 W とした。 BPSG を用いる場合の原料ガスは SiH_4 と N_2O と PH_3 と B_2H_6 と N_2 であり、 SiH_4 流量を 5 sccm 、 N_2O 流量を 300 sccm 、 PH_3 流量を 1 sccm 、 B_2H_6 流量を 0.5 sccm 、 N_2 流量を 148.5 sccm 、高周波電磁場の周波数を 200 kHz 、印加電力を 30 W とした。

【0025】無機絶縁膜2として HSQ を用いる場合には、スピン塗布により成膜した。無機絶縁膜2として HSG を用いる場合には、スピン塗布により成膜した。スピン条件は、最初の8秒間が 500 rpm であり、その後の30秒間が 4000 rpm である。ベーキング条件は、最初の30秒間が 150°C 、その後の30秒間が 250°C である。キュア条件は、 450°C 、60分である。

【0026】有機絶縁膜4として CF を用いる場合は、 PE-CVD により成膜した。原料ガスは C_2H_2 と C_4F_8 であり、 C_2H_2 の流量が 8.6 sccm 、 C_4F_8 の流量が 60 sccm である。基板温度は 200°C ～

400°C 、圧力は $0.3\sim 1.2\text{ Torr}$ 、高周波電磁場の周波数が 13.56 MHz 、その印加電力が $50\sim 400\text{ W}$ である。

【0027】有機絶縁膜4として PFCB 、 BCB 、 FLARE1.0 、 FLARE2.0 、ポリイミド、 PAE を用いる場合は、スピン塗布により成膜した。溶剤は、いずれの場合もシクロヘキサノンである。

【0028】 PFCB を用いる場合のスピン条件は、最初の5秒間が 300 rpm 、その後の30秒間が 3000 rpm である。ベーキング条件は 100°C で45秒間である。キュア条件は、最初の60分間が 120°C 、その後の60分間が 300°C である。

【0029】 BCB を用いる場合のスピン条件は、最初の5秒間が 300 rpm 、その後の30秒間が 3000 rpm である。ベーキング条件は 100°C で45秒間である。キュア条件は、最初の60分間が 150°C 、その後の60分間が 250°C である。

【0030】 FLARE を用いる場合のスピン条件は、最初の5秒間が 500 rpm 、その後5秒間が回転停止、その後の60秒間が 2000 rpm である。ベーキング条件は、最初の1分間が 150°C 、その後の1分間が 200°C 、その後の1分間が 250°C である。キュア条件は 425°C で60分間である。

【0031】ポリイミドを用いる場合のスピン条件は、最初の8秒間が 500 rpm 、その後の30秒間が 3400 rpm である。ベーキング条件は、最初の30秒間が 110°C 、その後の30秒間が 140°C である。キュア条件は 350°C で60分間である。

【0032】 PAE を用いる場合のスピン条件は、最初の5秒間が 300 rpm 、その後の60秒間が 2000 rpm である。ベーキング条件は最初の1分間が 60°C 、その後の1分間が 275°C である。キュア条件は 425°C で60分間である。

【0033】有機絶縁膜4としてパリレンを用いる場合の成膜方法は、気相成長である。有機絶縁膜4としてフッ素化ポリイミドを用いる場合の成膜方法は、スピン塗布であり、成膜条件はポリイミドの成膜条件と同一である。

【0034】無機絶縁膜2及び有機絶縁膜4としていずれの材料を用いた場合にも、セバスチャン試験において有機絶縁膜4の剥がれは生じなかった。比較のために、図1(A)の接着層3を挿入しない試料について同様の試験を行った。さらに、接着層として、有機絶縁膜との接着性が高いと思われるアモルファスカーボンを用いた試料についても同様の試験を行った。接着層3を挿入しない場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の全部もしくは一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。接着層3としてアモルファスカーボンを用いた場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。

【0035】無機絶縁膜2と有機絶縁膜4との間に、SiCFからなる接着層を挿入することにより、両者の密着性を高めることができる。この理由は以下のように考察される。

【0036】有機絶縁膜4に含まれるカーボンと接着層3に含まれるカーボンとが結合し易いため、両者の密着性が高い。無機絶縁膜2のSiと接着層3のSiとが結合し易いため、両者の密着性が高い。このため、有機絶縁膜4の基板への密着性を高められると考えられる。接着層3内のSiの濃度に、有機絶縁膜4に近づくに従って低濃度になるような厚さ方向の分布を与えることにより、より高い密着性を得ることができるであろう。

【0037】無機絶縁膜2として、上記絶縁材料の他に、Siを含む無機材料、またはSiを含む無機材料を主成分とする材料を用いる場合にも同様の効果が期待できるであろう。また、有機絶縁膜4として、他の有機材料を用いる場合も同様の効果が期待できるであろう。

【0038】図1(A)において、接着層3を形成する前に、無機絶縁膜2の表面層の薄い部分をArでスパッタリングしてもよい。Arスパッタリングにより、接着層3の下地表面を清浄化し、より密着性を高めることができる。

【0039】次に、第1の実施例の変形例について説明する。上記実施例では、無機絶縁膜の上に有機絶縁膜を形成する場合に、両者の間にSiCF膜を挿入することにより、両者の密着性を高めることができることを示した。無機絶縁膜の代わりに、無機導電膜を用いた場合にも、密着性を高められることが期待される。他の実施例では金属膜若しくは無機金属化合物膜の上に有機絶縁膜を形成する。

【0040】図1(B)は、第1の実施例の変形例による積層構造の断面図を示す。シリコン基板1の上に、導電膜5、接着層3、及び有機絶縁膜4がこの順番に積層されている。接着層3及び有機絶縁膜4の材料及び成膜方法は、図1(A)の第1の実施例の場合と同様である。

【0041】導電膜5として、アルミニウム(Al)、アルミニウムシリコン(AlSi)、銅含有アルミニウムシリコン(AlSiCu)、銅含有アルミニウム(AlCu)、タングステン(W)、タンタル(Ta)、窒化タングステン(WN)、窒化タンタル(TaN)、銅(Cu)、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN)を用いた。いずれの場合も、DCスパッタリングにより成膜した。なお、窒化物の成膜は、スパッタガスとしてArとN₂を用いた反応性スパッタリングにより行った。

【0042】Al、AlSi、AlSiCu、及びAlCuを用いる場合には、Arガス流量を100sccm、基板温度を300℃、圧力を3mTorr、DC印加電力を10kWとした。なお、AlSiターゲットは、Al:Si=99:1のものであり、AlSiCu

ターゲットは、Al:Si:Cu=98.5:1:0.5のものであり、AlCuターゲットは、Al:Cu=99:1のものである。

【0043】Wを用いる場合には、Ar流量を100sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を5kWとした。Taを用いる場合には、Ar流量を100sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を6kWとした。

【0044】WNを用いる場合には、Ar流量を50sccm、N₂流量を50sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を5kWとした。Ta₂Nを用いる場合には、Ar流量を45sccm、N₂流量を55sccm、基板温度を150℃、圧力を4mTorr、DC印加電力を6kWとした。

【0045】Cuを用いる場合には、Ar流量を25sccm、基板温度を室温、圧力を1.5Torr、DC印加電力を5kWとした。Tiを用いる場合には、Ar流量を25sccm、基板温度を室温、圧力を3mTorr、DC印加電力を5kWとした。TiNを用いる場合には、Ar流量を25sccm、N₂流量を35sccm、基板温度を室温、圧力を3mTorr、DC印加電力を5kWとした。

【0046】本変形例においても、図1(A)の実施例の場合と同様の密着性の評価を行った。導電膜5及び有機絶縁膜4としていずれの材料を用いた場合にも、有機絶縁膜4の剥がれは生じなかった。これに対し、導電膜5を挿入しない場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の全部もしくは一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。また、接着層3としてアモルファスカーボンを用いた場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。

【0047】導電膜5と有機絶縁膜4との間にSiCFからなる接着層3を挿入することにより、両者の密着性を高めることができる。

【0048】導電膜5として、その他の金属または金属化合物を用いる場合にも、同様の効果が期待できるであろう。また、有機絶縁膜4として、他の有機材料を用いる場合にも同様の効果が期待できるであろう。

【0049】図2は、SiCF膜形成時のSiH₄流量とSiCF膜の比誘電率との関係を示す。横軸はSiH₄流量を単位sccmで表し、縦軸は比誘電率を表す。なお、原料ガスとしてSiH₄とC₄F₈とC₂H₂を用い、C₄F₈の流量を60sccm、C₂H₂の流量を8.6sccmとした。また、高周波電磁場の周波数を13.56MHz、その印加電力を150W、圧力を1.2Torr、基板温度を400℃とした。

【0050】SiH₄流量を増加させるに従って、比誘電率が増加している。比誘電率が2.8以下の場合には、成膜後400℃で熱処理すると、SiCF膜上の有機絶縁膜に剥がれが生じた。SiCF膜の比誘電率を

3. 0以上とした場合には、剥がれは生じなかった。このことから、SiCF膜を接着層として使用する場合には、その比誘電率を3. 0以上とすることが好ましいと考えられる。

【0051】図3は、SiCF膜形成時の基板へ与えるDCバイアス電力と、SiCF膜内の圧縮応力との関係を示す。横軸はDCバイアス電力を単位Wで表し、縦軸は圧縮応力を単位 dyne/cm^2 で表す。圧縮応力は、光の反射によりウエハの反りを検出するストレス測定計により測定した。

【0052】DCバイアス電力を変化させると、SiCF膜内の圧縮応力も変動する。すなわち、DCバイアス電力によりSiCF膜内の圧縮応力を制御することができる。図1(A)及び図1(B)の積層構造を形成する場合には、接着層3の上下の膜の応力を考慮して接着層3の成膜時のDCバイアス電力を制御し、接着層3内の応力を調整することができる。

【0053】次に、図4及び図5を参照して、第2の実施例について説明する。第2の実施例は、上記第1の実施例による積層構造を、ダマシン(Damascene)法で形成する半導体装置の多層配線に適用した例である。

【0054】図4(A)に示すように、シリコン基板10の表面層に素子分離構造体11が形成され、活性領域が画定されている。活性領域内に、MOSFET12が形成されている。MOSFET12は、ソース領域12S、ドレイン領域12D、及びゲート電極12Gを含んで構成される。

【0055】MOSFET12を覆うように、シリコン基板10の上に SiO_2 からなる厚さ1000nmの第1の層間絶縁膜13を形成する。第1の層間絶縁膜13は、例えば、原料ガスとして SiH_4 と N_2O を用いたCVDにより形成される。第1の層間絶縁膜13の上に、Siを含むフルオロカーボンからなる厚さ10nmの第1の接着層14を形成する。第1の接着層14の形成は、図1(A)に示す接着層3の形成と同様の方法で行う。

【0056】図4(B)に示すように、第1の接着層14の、ソース領域12S及びドレイン領域12Dに対応する領域の各々に開口14Aを形成する。開口14Aの形成は、第1の接着層14の表面をレジストパターンで覆い、 CF_4 と CHF_3 を用いたRIEを用いて第1の接着層14及び層間絶縁膜13をエッチングすることにより行う。開口14Aを形成した後、レジストパターンを除去する。第1の接着層14及び第1の層間絶縁膜13を貫通するコンタクトホール15が形成される。

【0057】コンタクトホール15内を埋め込むように、導電性プラグ16を形成する。まず、基板表面及びコンタクトホール15の内面を覆うTiN膜を堆積する。コンタクトホール15内を埋め込むように、TiN膜の上にAl合金膜を堆積する。余分なTiN膜及びA

l合金膜をCMPで除去することにより、導電性プラグ16が形成される。

【0058】図4(C)に示すように、第1の接着層14の上に有機絶縁材料からなる厚さ500nmの第2の層間絶縁膜20を形成する。第2の層間絶縁膜20は、例えば、図1(A)に示す有機絶縁膜4と同様の材料により形成される。第2の層間絶縁膜20の上に、厚さ10nmの第2の接着層21を形成する。第2の接着層21は、第1の接着層14と同様の方法で形成される。

【0059】図5(A)に示すように、第2の接着層21及び第2の層間絶縁膜20に配線用の配線溝22を形成する。配線溝22は、第2の接着層21をパターニングし、パターニングされた第2の接着層21をマスクとして第2の層間絶縁膜20をエッチングすることにより形成される。第2の接着層21のパターニングは、 CF_4 と CHF_3 を用いたRIEにより行う。第2の層間絶縁膜20のエッチングは、 O_2 を用いたRIEにより行う。

【0060】図5(B)に示すように、配線溝22内を埋め込むように、配線25を形成する。まず、配線溝22の内面及び第2の接着層21の上面を覆うTiN膜を堆積し、このTiN膜上に、溝22内を埋め尽くすようにAl合金膜を堆積する。余分なTiN膜とAl合金膜をCMPで除去することにより、配線25が形成される。

【0061】図5(C)に示すように、第2の接着層21の上に、第3の層間絶縁膜25、第3の接着層31を形成する。この2層を貫通するコンタクトホールを形成し、このコンタクトホール内を導電性プラグ32で埋め込む。第3の接着層31の上に、第4の層間絶縁膜33及び第4の接着層34を形成する。この2層に配線溝を形成し、この溝内を埋め込むように配線35を形成する。第3の層間絶縁膜30から第4の接着層34までの配線構造は、第1の層間絶縁膜13から第2の接着層21までの配線構造と同様の方法で形成される。

【0062】 SiO_2 からなる第1の層間絶縁膜13と有機絶縁材料からなる第2の層間絶縁膜20との間に第1の接着層14が挿入されているため、第2の層間絶縁膜20とその下地表面との密着性を高めることができる。第2の層間絶縁膜20よりも上層の層間絶縁膜においても、同様に、各層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。

【0063】また、配線25及び35が配置されているのは、有機絶縁膜で形成されている。第1の実施例で説明した有機絶縁材料を使用することにより、この膜の誘電率を低減することができる。このため、配線間の寄生容量が小さくなり、信号伝搬遅延を短くすることができる。なお、第3の層間絶縁膜30を、第2及び第4の層間絶縁膜と同様に有機絶縁材料で形成してもよい。

【0064】また、第2の実施例では、各接着層は、そ

の下層間絶縁膜のエッチングマスクとしても使用される。 O_2 を用いたRIEで層間絶縁膜のエッチングを行う際に、接着層の上のレジストパターンもアッシング除去される。

【0065】次に、図6を参照して第3の実施例について説明する。図4及び図5に示す第2の実施例では、ダマシン法による多層配線構造を説明した。第3の実施例では、図1(A)に示す第1の実施例による配線構造を、デュアルダマシン法による多層配線構造に適用した例である。通常のダマシン法では、図5(C)に示す導電性プラグ16を形成した後に、その上の配線25を形成する。デュアルダマシン法では、導電性プラグ16と配線25とを同時に形成する。

【0066】図6は、第3の実施例による多層配線構造の断面図を示す。第1～第4の層間絶縁膜13、20、30、33、及び第1～第4の接着層14、21、31、34の積層構造は、図5(C)に示す積層構造と同様である。第1の層間絶縁膜13及び第1の接着層14に、コンタクトホール15が形成され、第2の層間絶縁膜20及び第2の接着層21に配線溝22が形成されている。コンタクトホール15及び溝22の内面をTiN膜が覆い、TiN膜の上に、コンタクトホール15及び溝22を埋め込むように配線40が形成されている。

【0067】第3の層間絶縁膜30から第4の接着層34までの積層構造内にも、配線40と同様の構成の配線41が形成されている。

【0068】次に、配線40の形成方法を説明する。シリコン基板10の上に、第1の層間絶縁膜13から第2の接着層21までを積層する。コンタクトホール15を形成するための開口を有するレジストパターンを用いて、第2の接着層21から第1の層間絶縁膜13までをエッチングする。

【0069】コンタクトホール15形成用のレジストパターンを除去する。配線溝22に対応したレジストパターンを用いて第2の接着層21及び第2の層間絶縁膜20をエッチングし、配線溝22を形成する。配線溝22の形成後、レジストパターンを除去する。

【0070】コンタクトホール15及び配線溝22の内面及び第2の接着層21の上面をTiN膜で覆う。このTiN膜上に、コンタクトホール15及び配線溝22内を埋め込むようにAl合金膜を堆積する。余分なAl合金膜とTiN膜をCMPにより除去し、コンタクトホール15及び配線溝22内に配線40を残す。

【0071】図6に示す構成の場合にも、無機材料からなる層間絶縁膜と有機材料からなる層間絶縁膜との間に接着層が配置されている。このため、各層間絶縁膜とその下地表面との密着性を高めることができる。

【0072】以上実施例に沿って本発明を説明したが、

本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、Siを含む無機物を主成分とする材料、金属、及び金属化合物からなる群より選ばれた1つの材料からなる層と有機膜との間に、Siを含むフルオロカーボンからなる接着層を挿入することにより、2つの膜の密着性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による配線構造の断面図である。

【図2】Siを含むフルオロカーボン膜をPE-CVDで成長させる場合の SiH_4 流量と比誘電率との関係を示すグラフである。

【図3】Siを含むフルオロカーボン膜をPE-CVDで成長させる場合の、基板へ印加するDCバイアス電力とフルオロカーボン膜の圧縮応力との関係を示すグラフである。

【図4】本発明の第2の実施例による配線構造の製造方法を説明するための配線構造の断面図（その1）である。

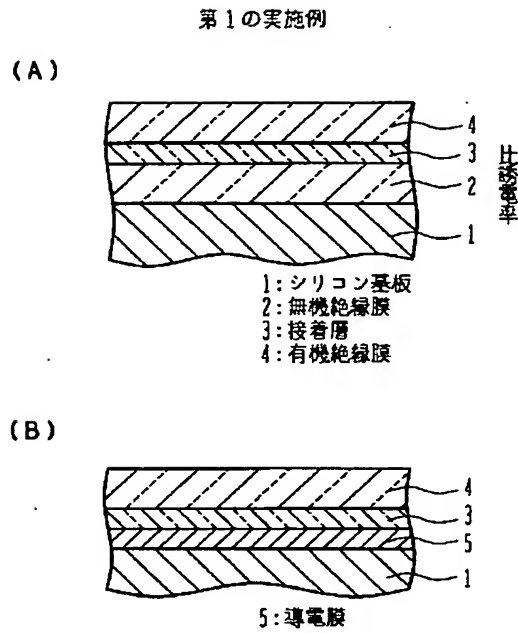
【図5】本発明の第2の実施例による配線構造の製造方法を説明するための配線構造の断面図（その2）である。

【図6】本発明の第3の実施例による配線構造の断面図である。

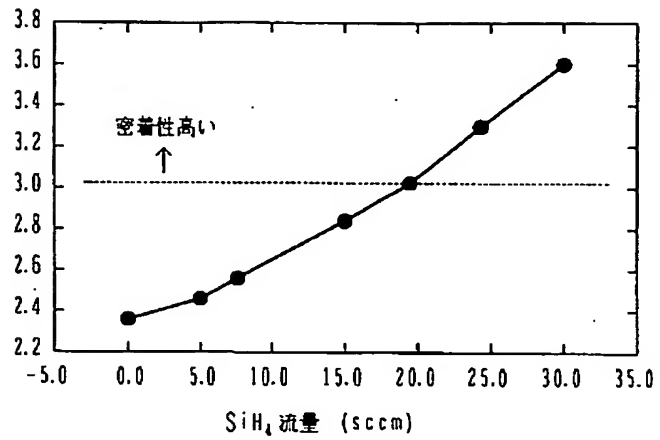
【符号の説明】

- 1、10 シリコン基板
- 2 無機絶縁膜
- 3 接着層
- 4 有機絶縁膜
- 5 導電膜
- 11 素子分離構造体
- 12 MOSFET
- 13 第1の層間絶縁膜
- 14 第1の接着層
- 15 コンタクトホール
- 16、32 導電性プラグ
- 20 第2の層間絶縁膜
- 21 第2の接着層
- 22 配線溝
- 25、35、40、41 配線
- 30 第3の層間絶縁膜
- 31 第3の接着層
- 33 第4の層間絶縁膜
- 34 第4の接着層

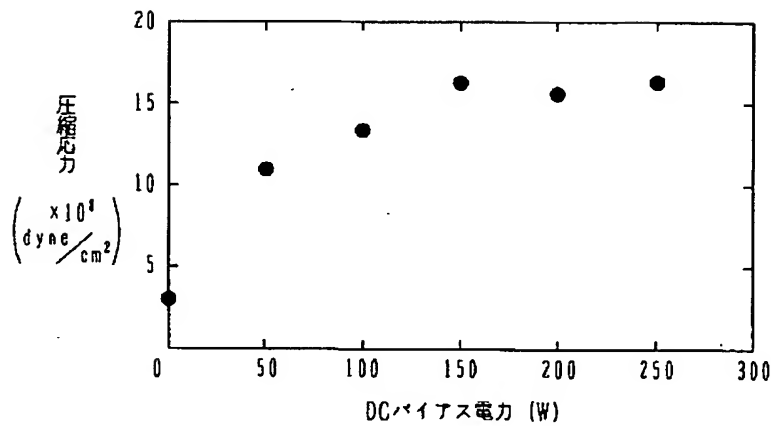
【図1】



【図2】

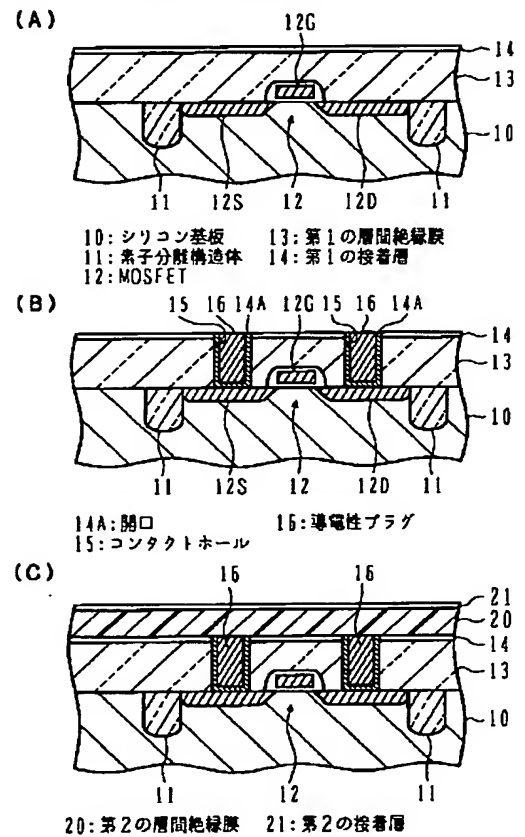


【図3】

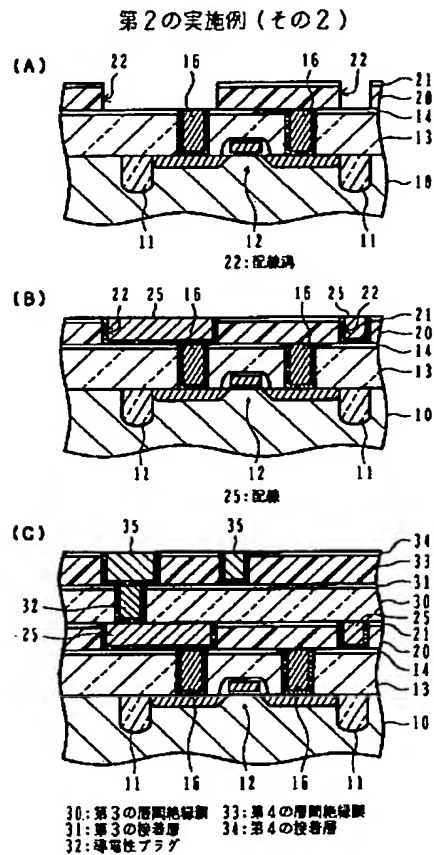


【図4】

第2の実施例 (その1)

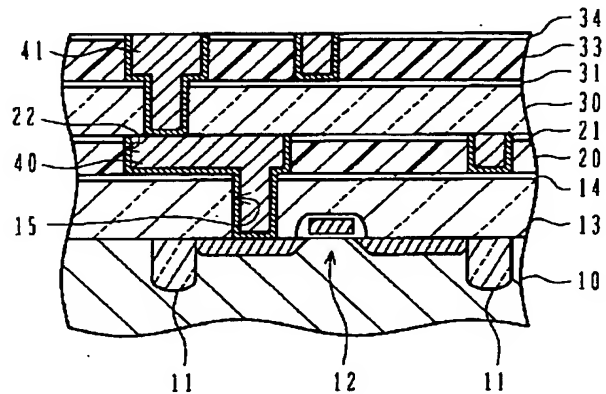


【図5】



【図6】

第3の実施例



【手続補正書】

【提出日】平成11年1月27日（1999. 1. 27）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正内容】

【0046】本変形例においても、図1（A）の実施例

の場合と同様の密着性の評価を行った。導電膜5及び有機絶縁膜4としていずれの材料を用いた場合にも、有機絶縁膜4の剥がれは生じなかった。これに対し、接着層3を挿入しない場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の全部もしくは一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。また、接着層3としてアモルファスカーボンを用いた場合には、テスト棒の端部の平坦な領域の一部で有機絶縁膜4に剥がれが生じた。

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F058 AA08 AD04 AD09 AD10 AD11
AD12 AH02 BA10 BC20 BD04
BD05 BD06 BD07 BD10 BD15
BD18 BF07 BF23 BF29 BF30
BF32 BF33 BF34 BF46 BF80
BH01 BJ02

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-021873
(43)Date of publication of application : 21.01.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/314

(21)Application number : 10-180918

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 26.06.1998

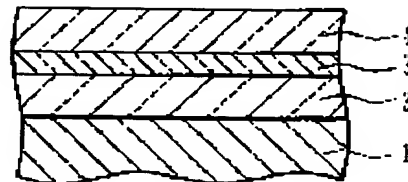
(72)Inventor : TAKEISHI SHUNSAKU

(54) LAMINATE STRUCTURE, WIRING STRUCTURE AND THEIR MANUFACTURE, AND SEMICONDUCTOR DEVICE

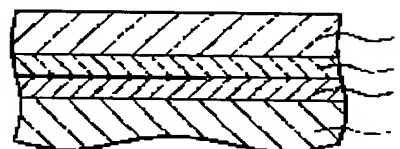
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminate structure wherein the adhesion of a layer contg. an inorg. material as a main component to an org. layer can be enhanced. (A)

SOLUTION: A first layer is disposed on the main surface of a substrate having the main surface, an adhesive layer 3 is disposed on the first layer and made of fluorocarbon contg. Si, and a second layer is disposed on the adhesive layer 3. Either the first or second layer is made of a material 2 selected from among a group of materials contg. Si-contg. inorg. compds. as the main components, metals, or inorg. metal compds., and the other layer is formed of an org. insulation film 4.



(B)



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]